Eine einfache Methode zur Messung der drei Hauptbewegungen der Halswirbelsäule

von

Gottfried Mebs

aus Castell/Ufr.

Erlangen 1964

1963 № 191

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität
Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. G. H e g e m a n n

Eine einfache Methode zur Messung der drei Hauptbewegungen der Halswirbelsäule

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Gottfried M e b s
aus Castell/Ufr.

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität
Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. G. H e g e m a n n

Eine einfache Methode zur Messung der drei Hauptbewegungen der Halswirbelsäule

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Gottfried M e b s
aus Castell/Ufr.

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Dekan: Prof. Dr. G. Theissing
Referent: Prof. Dr. K.H. Hackethal
Korreferent: Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 21.Febr.1964

Ich danke Herrn Professor Dr. G. Hegemann für die Übernahme des Referates.

Herrn Professor Dr. K. H. Hackethal danke ich für die Überlassung des Themas.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538102_0050

G l i e d e r u n g

I. Problemstellung

II. Frühere Untersuchungen

III. Eigene Untersuchungen

1. Allgemeiner Teil

Die Mechanik der Halswirbelsäule

a.) Sagittale Bewegung

b.) Laterale Bewegung

c.) Rotationsbewegung

2. Spezieller Teil

A. Einleitung

B. Methodik

C. Ergebnisse

1.) im einzelnen

2.) zusammenfassend

a.) Sagittale Bewegung

b.) Laterale Bewegung

c.) Rotationsbewegung

D. Diskussion

IV. Zusammenfassung

V. Literaturverzeichnis

I. Problemstellung

Mir wurde die Aufgabe gestellt, mit Hilfe eines Lot-Kompaß-Arthrometers (siehe Text) die Beweglichkeit der Halswirbelsäule zu bestimmen. Die Messungen sollten an einer größeren Reihe klinisch gesunder Personen durchgeführt werden. Es wurde empfohlen, die Meßergebnisse für Männer und Frauen getrennt zusammenzustellen und sie in Altersgruppen zu unterteilen, um etwaige Abweichungen im Bewegungsausmaß feststellen zu können. Die ermittelten Ergebnisse sollten an Hand der Literatur besprochen werden.

II. Frühere Untersuchungen

Als Maß der Beweglichkeit bestimmte OTTO den geraden Abstand zwischen den Dornfortsätzen des 2. und 7. Halswirbelkörpers in Zentimetern. Es kam ihm dabei nicht so sehr auf die absoluten Zahlenwerte an, vielmehr auf die Relation, die sich aus den Abständen von Dorsalflexion zu Normalhaltung zu Beugung ergab. ENGELHARD legte der Wirbelsäule bei maximaler Vorwärtsbeugung und Lordosierung einen Bleidraht genau an und übertrug dann die Kontur auf Papier. BLUMENTHAL empfahl eine graphische Projektion der Dornfortsatzlinie, die "dem Körper grobe Berührungen durch Instrumente und Hände erspart". Die dabei unvermeidlichen Haltungsänderungen würden die Zuverlässigkeit des Resultates mehr oder weniger beeinflussen. Deshalb befestigte er auf der Haut über den Dornfortsätzen mittels Heftpflasterplättchen Zwirnsfäden, parallel übereinander verlaufend und in gleichem Abstand mit je einer Markierung versehen, die den Vor- und Rückwärtsbewegungen der Wirbelsäule folgte. BLUMENTHAL übertrug die verschiedenen Stellungen dieser Markierungen auf eine entsprechend eingestellte Glasplatte.

Die folgenden Autoren bedienten sich des Röntgenbildes zur Bewegungsmessung der Halswirbelsäule. Sie fertigten seitliche Aufnahmen an bei Normalhaltung der Wirbelsäule, sowie bei maximaler Ventral- und Dorsalflexion. Auch sie geben aber unterschiedliche Methoden der Auswertung an. ROSTOCK untersuchte die Bewegungsmöglichkeit der gesamten Wirbelsäule, indem er einzelne Aufnahmen maximaler Beugung und Reklination zur Deckung brachte.

Ebenso wie ENGELHARD und BLUMENTHAL gibt auch er für seine Untersuchungen keine Ergebniszahlen an. ALBERS bestimmte auf den Röntgenbildern den Winkel, den die Hinterkanten des 2. und 7. Halswirbelkörpers miteinander bilden und errechnete aus der Differenz dieses Winkels zwischen Ruhehaltung und stärkster ventraler und dorsaler Flexion die Gesamtbeugung der Halswirbelsäule. In ähnlicher Weise verfuhr BAKKE, der den Winkel zwischen den einzelnen Wirbeln bestimmte, indem er Linien durch die oberen und unteren Konturen der Wirbelkörper zog. Er bestimmte auf diese Weise auch das Maß der Seitwärtsbeugung. Von BUETTI-BÄUML wurden die einzelnen Wirbelkörper in Flexionsstellung vom Röntgenbild exakt auf Pauspapier durchgezeichnet. Diese Pause wurde auf den Film in Extensionsstellung gelegt. Das geschah derart, daß ein Wirbelkörper jeweils mit dem gleichnamigen zur Deckung gebracht wurde und die Hinterkante des nächsthöheren Wirbels in ihrer neuen Position durchgepaust wurde. Dieser meßbare Winkel entsprach dem Exkursionswinkel eines Wirbels zwischen Flexion und Extension. Ebenfalls mit Röntgenpausen arbeiteten DITTMAR und VIRCHOW. FICK machte seine Bewegungsstudien nur an Leichen. Er hat den Bewegungsumfang eines Wirbelsäulenabschnittes an dessen jeweils oberstem Wirbelkörper bestimmt. Ebenso wie BAKKE hat er auch die Seitwärtsbeugung untersucht und zusammen mit einigen anderen Autoren (WEBER,EXNER,KNESE,LIECHTI)gibt er Winkelmaße an für die Drehbewegung. Allerdings beschreibt keiner dieser Autoren ganau, wie die Rotationsbewegungen gemessen wurden.

Die einzelnen Autoren errechneten folgende Mittelwerte für die sagittale Bewegung der Halswirbelsäule:

	ventral	dorsal	Gesamtflexion
ALBERS	42'	30'	72'
BAKKE	32'	70.40'	102.40'
FICK	90'	90'	180'
WEBER	76.50'	76.25	152.75'
DITTMAR	46'	60'	106'
NOVOGRODSKY	40'	40'	80'
BUETTI-BÄUML	-	-	100'
VIRCHOW (am Lebenden)	-	-	96'
(an der Leiche)	89.75'	45.5'	135.25'
	56.5'	43'	99.5'

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß die Autoren zumindest für die Einzelbewegungen in sagittaler Richtung unterschiedliche Werte fanden. DITTMAR und BAKKE entschieden sich für eine stärkere Dorsalflexionsmöglichkeit. ALBERS und VIRCHOW errechneten einen etwas höheren Wert für die Ventralflexion. FICK,WEBER und NOVOGRODSKY geben gleiche Werte für beide Richtungen an. FICK,WEBER,NOVOGRODSKY und VIRCHOW führten Messungen an Wirbelsäulen von Leichen durch. Ihre Ergebnisse sind zum Teil wesentlich höher ausgefallen als die der übrigen Autoren, die Wirbelsäulen von Lebenden untersuchten. Bei dieser letzten Gruppe stimmen die Ergebnisse für die Gesamtflexion ziemlich genau überein, obwohl sie unter verschiedenen Voraussetzungen gewonnen wurden. So wurden die ersten beiden Halswirbelkörper unterschiedlich in die Messungen einbezogen. Dazu kommt, daß auch auf Röntgenbildern das Bewegungsausmaß der einzelnen Wirbelkörper anscheinend nicht genau abzulesen ist. Das soll die folgende Übersicht zeigen.

	VIRCHOW	BAKKE	DITTMAR
Sch/C1	24'		
C1/C2	16'	11.7'	
C2/C3	16'	12.4'	10.30'
C3/C4	20'	15.4'	23'
C4/C5	20'	15.1'	22'
C5/C6	-	20.4'	26.30'
C6/C7	-	17'	24'
C7/Th1	-	10.2'	
	96'	102.4'	106'

Dabei ist besonders auffallend, daß im Bereich C5-C7, in dem BAKKE und DITTMAR die größten Winkelmaße ihrer Untersuchungsreihe errechneten, VIRCHOW offensichtlich keine Bewegung feststellte.

Für die Seitwärtsbeugung geben BAKKE und FICK ein Winkelmaß an und zwar 25.9' und 30'.

FICK hat an der Leiche den Kreiselungsumfang der Halswirbelsäule exclusive Atlas mit 45' gemessen, die Kopfdrehung allein mit ungefähr 30' nach jeder Seite. KNESE fand für die Atlas-

bewegung mit 82.4' insgesamt einen etwas höheren Wert. Nach LIECHTI beträgt die maximale Drehung des Atlas etwa 60'. DITTMAR schätzte an Hand von Rotationsaufnahmen die Drehung des Halsabschnittes einschließlich Atlas und Schädel auf etwa 70' nach beiden Seiten. WEBER errechnete bei drei Versuchspersonen im Durchschnitt 132.5' Gesamtrotation. EXNER gibt die Gesamtrotation des Halses mit 80-85' an.

III. Eigene Untersuchungen

1. Allgemeiner Teil

Die Mechanik der Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule ist der beweglichste Teil des gesamten Rumpfskelettes. Sie stellt gewissermaßen die fünfte Extremität dar (BÄRTSCHI-ROCHAIX), von der der Kopf getragen wird. Die Beweglichkeit der Wirbelsäule beruht allgemein auf dem Bewegungsausmaß, das die kleinen Wirbelgelenke zulassen. Die Zwischenwirbelscheiben spielen dabei auch eine große Rolle. LUSCHKA und JUNGHANNS rechnen sie zu den Halbgelenken des menschlichen Körpers. Im Vergleich zu anderen Wirbelsäulenabschnitten ist die Halswirbelsäule stark segmentiert. Die 7 Wirbelkörper sind im ganzen etwa 11cm hoch, dafür sind 6 Intervertebralscheiben vorhanden; das bedeutet für je 1,8 cm ein bewegliches Glied. Nach FICK ist die Beweglichkeit zwischen den einzelnen Wirbeln vor allem abhängig von der Höhe der Zwischenwirbelscheiben im Verhältnis zu ihrem Querschnitt. "Die Bandscheiben zeigen die Größe, die Gelenkfortsätze die Richtung der Hauptbewegungen". Andere Autoren (DITTMAR,ECKLIN,OTTO) sehen den Grund der guten Beweglichkeit in sagittaler Richtung auch in der Form der Halswirbelkörper, vor allem in ihrem kurzen sagittalen Durchmesser.

a.) Sagittale Bewegung

"Sagittale Flexion und Extension setzen sich zusammen aus der "Nickbewegung" zwischen Occiput und Atlas, aus einer sagittalen Schleifbewegung zwischen vorderem Atlasbogen und Epistro-

pheuszahn, sowie der sagittalflexorischen Bewegung zwischen den fünf Wirbel-Bandscheibenverbindungen" (EXNER). Das obere Kopfgelenk ist nach FICK ein beschränktes "Kugelgelenk". Es vermag die größte sagittalflexorische Bewegung auszuführen: etwa 20' bei Flexion und 30' bei Extension. Auf Grund des abweichenden anatomischen Baues rechnet FICK das Gelenk zwischen C1 und C2 auch zu den Kopfgelenken. Dieses untere Kopfgelenk läßt in der sagittalen Ebene nur Schaukelbewegungen zu. BAKKE hat aber auch hier eine ventrale Flexion von 11.7' gemessen, VIRCHOW eine Gesamtbewegung von 16'. Oberes und unteres Kopfgelenk bilden eine funktionelle Einheit (KNESE,GÜNTZ). Das zeige die enge Verbindung durch die Ligamenta alaria. Über den Drehpunkt für Bewegungen in der sagittalen Ebene sind die Literaturangaben nicht einheitlich. HEUER und EXNER sehen ihn im Nukleus pulposus der Bandscheiben. Nach FICK geht die Achse quer durch die Mitte des jeweils unteren Wirbelkörpers hindurch; "dabei werden die Beugungen durch die Gelenkfortsätze weniger gehindert, als wenn die Bewegungsachse durch den Gallertkern der Bandscheiben ginge". Bei DITTMAR erfolgen die Bewegungen der Sagittalflexion um verschiedene Momentachsen. FÜRMAIER schließlich beschreibt Beugung und Streckung zwischen zwei Halswirbeln als Rollbewegung, nicht als einfache Drehung um eine transversale Achse. Bei Bewegungen in der sagittalen Ebene erfährt jeder Wirbel gegenüber dem nächsttieferen eine leichte Verschiebung und Kippung, so daß die Vorder- und Hinterkanten eine treppenförmige oder dachziegelartige Kontur bilden (BUETTI-BÄUML, FÜRMAIER,LIECHTI).

b.) Laterale Bewegung

Die Lateralflexion des Kopfes wird zum größten Teil in der Halswirbelsäule ausgeführt, dann erst vom unteren und schließlich vom oberen Kopfgelenk. Dabei ist seitengleiche Zu- und Abnahme der Bandscheibenhöhe festzustellen. Von manchen Autoren wird hervorgehoben, daß sie stets mit einer gewissen Rotation verbunden sei (LOVETT,DITTMAR,BUETTI-BÄUML). GÜNTZ und BAKKE konnten diese Torsion nicht feststellen. Nach GÜNTZ ist jede begleitende Rotation Zeichen einer skoliotischen Komponente. Nach Beobachtungen von DITTMAR soll sich die Stellung des

Atlas zum Epistropheus nur unwesentlich verändern, auf keinen Fall an der seitlichen Abbiegung selbständig teilnehmen; "ich glaube eher, eine geringe seitliche Verschiebung des Atlas auf dem Epistropheus feststellen zu können". KNESE hat aber hier einen Bewegungsausschlag von 9.7' gemessen. Seiner Meinung nach ist im oberen Kopfgelenk eine reine Lateralflexion durch den Bau der Kondylen ausgeschlossen. Andere Autoren schreiben auch diesem Gelenk die Möglichkeit seitlicher Wackelbewegungen zu. FICK hat ausdrücklich davor gewarnt, "aus der Lage und Form der Gelenkflächen mathematisch genau die Bewegungen der einzelnen Wirbel ableiten zu wollen". Wenn auch in geringem Maße, seien doch Bewegungen möglich, die dem Gelenkmechanismus nicht direkt entsprechen.

c.) Rotationsbewegung

Die Rotationsbewegungen des Kopfes entstehen in der Hauptsache im Atlas-Epistrophealgelenk um den dens epistrophei als Achse. Sie sind verbunden mit einer Schraubenbewegung und zwar einer Abwärtsbewegung längs dieser Achse (FICK,LIECHTI). Wenn man von der Atlasbewegung absieht, ist die Drehungsmöglichkeit der Halswirbelsäule relativ gering. Im oberen Kopfgelenk ist eine reine Kreiselung ausgeschlossen. Eine einheitliche Längsachse der Wirbelsäule gibt es nicht, da sie kein gerader Stab, sondern infolge ihrer physiologischen Krümmungen in der Sagittalebene geschwungen ist. Nach Beobachtungen einiger Autoren wird die Rotation begleitet von einem Seitwärtsbeugen und zwar ist die Kurve nach der entgegengesetzten Seite gekrümmt, zu der sich die Wirbelkörper drehen (LOVETT,BUETTI-BÄUML).

2. Spezieller Teil

A. Einleitung

Bei der Untersuchung von Patienten ist es für Kliniker und Begutachter wichtig, objektive Befunde festzustellen, die auch für Nachuntersuchungen herangezogen werden können. Besonders gilt das für Beweglichkeitsuntersuchungen an Extremitäten und Wirbelsäule, sei es, um einen Krankheitsherd zu erkennen oder um den Erfolg therapeutischer Maßnahmen bei derWiederherstel-

lung einer verminderten Beweglichkeit zu prüfen. Die in der Literatur beschriebenen bisher durchgeführten Beweglichkeitsmessungen speziell der Halswirbelsäule sind in ihren Ergebnissen nicht einheitlich. Die Messungsmethoden bleiben großenteils auf die sagittal-flexorische Bewegung beschränkt. Vor allem aber ist ihre Durchführung meist sehr kompliziert, verbunden mit einem großen Aufwand an Material und Zeit. Es erschien deshalb als notwendig, eine möglichst einfache Methode zu entwickeln, mittels der das Bewegungsausmaß der Halswirbelsäule um die frontale, sagittale und vertikale Achse zu bestimmen ist.

B. Methodik

Das Meßgerät besteht aus dem Stirnreifen eines Stirnreflektors, an dem mittels eines senkrechten Metallbügels ein halbkreisförmiges Winkelmaß mit Lot befestigt ist (Abb.1).

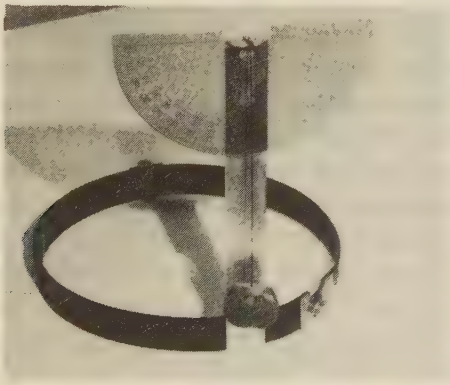


Abb.1

Der Stirnreifen wird in üblicher Weise horizontal auf dem Kopf der Versuchsperson befestigt. Zunächst so, daß das Winkelmaß sich über der Stirn befindet, zur Messung der seitlichen Kopfbewegungen (Abb.2). Zur Messung der sagittalen Kopfbewegungen wird das Meßgerät um 90' nach einer Seite gedreht (Abb.3). Die Versuchsperson wird dazu am besten auf einen Stuhl mit hoher Lehne gesetzt. Die Arme läßt man rückwärts um die Lehne verschränken, so daß die Schultern fixiert sind. Es ist zweckmäßig, den Halsbereich ausreichend von Kleidungsstücken zu befreien.

Abb.2

Abb.3

Um für die Einzelperson den normalen Haltungstyp festzulegen, wird die Versuchsperson aufgefordert, eine "bequeme" Haltung einzunehmen. Dabei wird natürlich die Kopfhaltung durch die individuelle Form der Halswirbelsäule bestimmt. Man hat also für die sagittalen Einzelbewegungen keinen einheitlichen Ausgangspunkt. Auf das Ergebnis der Gesamtflexion wirkt sich dieser Umstand aber nicht aus. Vor Beginn der Messungen steht das Lot genau über dem Nullwert des Winkelmaßes. Nun wird die Versuchsperson aufgefordert, die Halswirbelsäule maximal in der frontalen bzw. sagittalen Ebene zu bewegen.

Zur Messung der Rotationsbewegungen wird der Versuchsperson ein einfacher Kompaß auf das Schädeldach gelegt (Abb.4), ebenfalls auf den Nullwert ausgerichtet. Wenn die Kopfbewegungen nicht ruckartig erfolgen, was leicht zu vermeiden ist, kann man auch hier das Bewegungsausmaß ohne weiteres ablesen.

Abb.4

Auf diese Weise wurden 232 Personen, 159 Männer und 73 Frauen im Alter von 6 bis 82 Jahren untersucht, die im Bereich der Halswirbelsäule keine klinischen Veränderungen aufwiesen, jedenfalls subjektiv beschwerdefrei waren. Ein großer Teil der Versuchspersonen waren Patienten der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen-Nürnberg. Etwa 10 % der Messungen wurden mit dem "Elkameter" von Prof. Dr. Hackethal durchgeführt. Über dieses Gerät liegen schon ausführliche Beschreibungen vor.

C. Ergebnisse

1.) im einzelnen

Die folgenden Tabellen enthalten die gewonnenen Einzelmeßwerte aller untersuchten Personen. Zur einfacheren Auswertung sind die Ergebnisse auf- bzw. abgerundet. Sie werden aufgeführt, getrennt nach Männern und Frauen und jeweils unterteilt nach Altersgruppen zu je einem Jahrzehnt. Alle Meßwerte bedeuten "Grad".

Tabelle 1 (Männer

Lfd.Nr.	Alter	Lateralflexion rechts	Lateralflexion links	Sagittalflexion vor	Sagittalflexion zurück	Rotation rechts	Rotation links
1	6	55	50	55	80	75	75
2	8	60	55	45	100	65	70
3	8	60	60	65	100	75	75
4	9	55	50	60	55	75	75
5	9	55	55	65	90	85	90
6	10	60	65	55	100	75	85
7	10	50	55	60	100	70	75
7		395	390	405	625	520	545
8	11	65	60	65	100	80	85
9	11	60	65	80	95	70	75
10	12	55	50	60	95	70	75
11	12	50	65	55	100	70	70
12	12	70	75	65	95	80	80
13	12	70	70	65	100	90	90
14	13	60	60	75	100	55	55
15	13	65	65	60	100	75	80
16	14	65	75	75	100	80	85
17	14	65	65	65	95	70	75
18	15	60	75	50	95	80	80
19	15	45	50	50	85	75	70
20	18	40	40	65	55	70	75
21	18	50	55	75	70	85	90
22	18	55	55	80	65	80	80
23	19	55	50	65	70	85	80
24	19	55	60	75	85	85	85
17		985	1035	1125	1505	1300	1330
25	23	40	50	55	60	100	90
26	24	45	50	40	45	85	85
27	24	35	40	55	65	75	95
28	25	35	40	60	70	70	80
29	25	50	45	60	50	85	65
30	25	50	40	30	55	60	55
31	26	45	50	30	55	80	85
32	27	50	45	55	85	70	75
33	27	55	55	65	85	60	65
34	27	60	45	45	70	70	80
35	27	55	60	40	70	80	70
36	28	50	55	65	85	75	80
37	28	45	45	45	60	65	75
38	28	40	40	35	30	60	70
39	29	60	50	55	60	75	80

Lfd.Nr.	Alter	Lateralflexion rechts	Lateralflexion links	Sagittalflexion vor	Sagittalflexion zurück	Rotation rechts	Rotation links
40	29	50	50	50	85	75	70
41	29	45	60	40	50	90	95
42	29	45	45	50	45	75	65
43	29	40	50	45	50	80	90
44	29	40	35	45	80	80	90
45	29	60	50	50	60	95	95
46	30	40	40	40	35	65	55
47	30	40	50	45	70	90	85
23		1075	1090	1100	1420	1760	1795
48	31	50	30	55	45	80	80
49	31	30	30	40	45	55	60
50	31	35	40	45	50	75	80
51	31	50	50	40	65	80	65
52	32	50	40	50	55	70	75
53	32	55	50	40	65	65	60
54	32	65	50	50	40	85	85
55	33	50	50	60	70	75	80
56	34	45	55	65	40	60	60
57	34	45	40	50	50	60	75
58	34	50	40	30	55	80	60
59	34	50	40	50	70	80	70
60	35	50	50	50	55	80	80
61	35	45	55	60	50	75	90
62	35	40	45	40	55	70	65
63	35	40	50	35	50	60	60
64	36	45	50	40	30	80	75
65	36	60	50	65	40	85	90
66	37	50	35	35	50	75	80
67	38	40	35	25	35	70	70
68	38	40	55	60	60	90	100
69	38	60	50	45	50	75	90
70	38	55	45	45	50	55	55
71	38	45	50	35	55	65	60
72	38	50	55	45	50	90	85
73	39	50	40	55	75	95	75
74	39	40	45	60	40	85	80
75	40	55	55	55	95	70	70
76	40	40	45	30	45	55	70
77	40	40	30	60	30	60	80
30		1420	1355	1415	1565	2200	2225
78	41	55	60	55	70	70	60
79	41	35	45	35	50	80	85
80	41	45	60	40	40	80	90
81	41	30	45	50	55	70	65
82	42	35	40	45	80	65	70
83	42	40	45	55	50	85	85
84	42	40	50	50	50	80	75
85	43	50	50	40	55	95	80
86	44	40	40	45	50	65	80
87	44	50	45	45	70	95	95
88	45	55	60	50	40	80	90
89	46	40	45	45	70	90	100
90	46	40	45	35	55	65	70

Lfd.Nr.	Alter	Lateralflexion		Sagittalflexion		Rotation	
		rechts	links	vor	zurück	rechts	links
91	47	50	60	55	70	85	85
92	47	35	45	25	60	65	70
93	48	30	35	40	40	55	65
94	48	40	40	40	45	75	70
95	48	40	40	30	40	70	60
96	49	40	30	55	50	45	50
97	49	50	35	35	30	70	50
98	50	50	50	50	65	70	70
99	50	35	40	45	55	80	80
100	50	45	45	65	55	40	55
101	50	30	45	45	30	50	60
24		1000	1095	1075	1275	1725	1760
102	51	35	35	30	85	65	60
103	51	40	40	55	50	65	70
104	51	50	45	75	55	80	85
105	51	35	40	60	45	80	100
106	51	40	50	50	45	65	60
107	52	65	60	65	65	75	80
108	52	30	40	45	50	60	50
109	52	30	30	35	35	55	70
110	53	40	35	50	35	75	65
111	53	35	40	45	35	85	80
112	53	40	40	50	55	80	75
113	54	35	30	30	60	65	65
114	54	40	45	30	30	65	70
115	54	50	50	60	60	85	90
116	54	40	40	40	40	60	50
117	55	45	50	75	70	80	80
118	55	40	25	35	45	55	60
119	55	40	45	35	45	50	50
120	55	35	30	40	45	75	70
121	55	40	40	50	50	85	80
122	56	50	50	25	55	50	50
123	56	30	30	25	35	80	75
124	56	40	30	35	50	55	65
125	56	25	40	40	50	75	65
126	57	45	50	50	50	50	55
127	57	35	35	35	55	65	65
128	58	40	50	40	60	70	70
129	58	25	30	45	40	50	45
130	58	35	35	40	45	60	75
131	59	40	45	55	60	75	75
132	59	40	25	30	35	50	60
133	59	60	45	60	35	70	70
134	60	35	40	40	70	65	55
135	60	40	40	25	60	90	90
136	60	35	15	50	45	75	70
137	60	25	30	50	30	60	70
138	60	40	35	50	60	65	65
37		1445	1435	1650	1825	2510	2530

Lfd.Nr.	Alter	Lateralflexion rechts	Lateralflexion links	Sagittalflexion vor	Sagittalflexion zurück	Rotation rechts	Rotation links
139	61	35	30	50	30	45	70
140	61	40	40	25	55	90	75
141	61	45	50	55	45	70	65
142	61	30	30	60	20	45	50
143	62	40	40	50	65	70	80
144	62	45	45	40	50	80	80
145	62	35	35	45	40	80	65
146	65	15	15	10	35	35	35
147	67	50	50	45	65	70	70
148	69	30	30	65	35	60	55
149	69	30	30	35	50	60	65
150	70	40	40	25	25	35	65
12		435	415	505	515	740	775
151	71	40	40	45	45	80	70
152	74	30	30	55	25	55	70
153	75	30	30	40	30	40	60
154	76	30	30	50	60	60	80
155	77	40	35	40	30	50	50
156	78	40	45	45	45	60	65
157	79	25	25	30	10	35	30
158	80	35	35	50	40	70	60
159		30	30	50	45	50	50
9		300	300	405	330	500	535

Tabelle 2 (Frauen)

Lfd.Nr.	Alter	Lateralflexion rechts	Lateralflexion links	Sagittalflexion vor	Sagittalflexion zurück	Rotation rechts	Rotation links
1	18	40	40	20	60	90	90
2	18	70	60	45	50	90	95
3	20	50	45	60	20	50	65
3		160	145	125	130	230	250
4	21	45	50	55	60	95	85
5	24	50	50	60	55	90	80
6	24	50	55	60	60	90	90
7	24	50	45	40	60	95	95
8	24	65	60	70	90	90	80
9	25	35	30	50	30	85	80
10	27	35	35	30	55	70	70
11	28	50	50	65	65	75	80
8		380	375	430	475	690	660
12	32	50	45	50	60	90	90
13	33	50	50	45	50	70	65
14	34	35	45	50	45	65	70
15	34	50	25	30	40	90	80
16	35	40	45	30	35	80	70

Lfd.Nr.	Alter	Lateralflexion		Sagittalflexion		Rotation	
		rechts	links	vor	zurück	rechts	links
17	35	50	55	70	45	90	90
18	38	30	45	70	30	60	70
7		305	310	345	315	545	535
19	41	50	45	50	45	75	75
20	41	30	30	45	40	65	60
21	41	35	40	45	45	70	55
22	42	40	35	45	35	75	60
23	42	50	35	50	60	65	65
24	42	50	45	45	45	70	70
25	44	35	50	40	60	90	100
26	47	40	45	20	55	50	50
27	47	40	30	30	35	40	55
28	48	30	30	20	45	40	60
29	48	55	50	40	60	90	100
30	48	50	50	45	75	75	85
31	49	40	45	50	50	75	85
32	49	20	30	55	35	40	35
33	50	25	45	45	50	75	85
15		590	605	625	735	995	1040
34	52	45	35	50	25	100	100
35	52	55	50	50	45	90	85
36	53	50	35	35	30	40	35
37	53	50	50	25	60	70	40
38	53	45	30	45	35	65	75
39	53	35	35	40	60	70	75
40	54	50	40	45	70	65	75
41	54	55	55	65	55	85	85
42	54	45	30	45	30	90	85
43	54	40	35	35	30	70	65
44	55	35	40	35	35	55	50
45	55	30	35	35	25	90	90
46	56	35	40	40	25	85	65
47	59	35	30	30	50	50	60
48	59	35	35	55	30	75	80
49	59	40	40	60	40	50	55
50	60	35	35	55	30	70	80
51	60	55	55	40	60	70	80
18		770	705	785	735	1290	1280
52	62	45	50	70	45	65	70
53	62	40	40	40	50	80	70
54	62	40	50	60	25	70	70
55	62	40	40	35	40	80	80
56	63	40	45	45	65	70	75
57	63	30	30	30	45	75	80
58	63	30	40	75	35	55	60
59	64	30	40	50	30	75	75
60	64	30	30	55	25	80	80
61	66	45	40	50	40	70	70

Lfd.Nr.	Alter	Lateralflexion rechts	Lateralflexion links	Sagittalflexion vor	Sagittalflexion zurück	Rotation rechts	Rotation links
62	67	45	45	35	60	70	70
63	67	20	25	40	40	50	50
64	70	45	35	60	25	50	65
13		480	510	645	525	890	915
65	71	25	35	50	30	60	65
66	72	35	40	35	45	65	75
67	75	30	30	40	40	50	65
68	75	30	30	30	50	50	50
69	77	35	40	65	50	65	70
70	78	35	35	50	50	55	60
71	80	40	35	65	60	60	60
7		230	245	335	325	405	445
72	82	30	30	35	50	50	50
73	82	35	45	40	40	60	80
2		65	75	75	90	110	130

Diese Zahlen werden nun für die einzelnen Bewegungsarten ausgewertet.

2.) zusammenfassend

a.) Sagittale Bewegung:

Tabelle 3 (Männer)

Alter	Versuchspersonen pro Jahrzehnt = n	Flexion Summe der Einzelmessungen = s	s/n	Extension Summe der Einzelmessungen = s	s/n
0-10	7	405	57.86'	625	89.28'
11-20	17	1125	66.17'	1505	88.53'
21-30	23	1100	47.83'	1420	61.74'
31-40	30	1415	47.16'	1565	52.16'
41-50	24	1075	44.79'	1275	53.13'
51-60	37	1650	44.59'	1825	49.32'
61-70	12	505	42.08'	515	42.9'
71-80	9	405	45.0'	330	36.66'
81-90	-	-	-	-	-
	159	7680	48.3'	9060	56.98'

Bei Männern beträgt der Mittelwert für die Flexion 48.3'
für die Extension 56.98'

Tabelle 4 (Frauen)

Alter	Versuchspersonen pro Jahrzehnt = n	Flexion Summe der Einzelmessungen = s	Flexion s/n	Extension Summe der Einzelmessungen = s	Extension s/n
0-10	-	-	-	-	-
11-20	3	125	41.66'	130	43.33'
21-30	8	430	53.75'	475	59.37'
31-40	7	345	49.28'	315	45.0'
41-50	15	625	41.66'	735	49.0'
51-60	18	785	43.61'	735	40.83'
61-70	13	645	49.61'	525	40.38'
71-80	7	335	47.86'	325	46.42'
81-90	2	75	37.5'	90	45.0'
	73	3365	46.09'	3330	45.62'

Bei Frauen beträgt der Mittelwert für die Flexion 46.09'
für die Extension 45.62'

Tabelle 5 (Männer und Frauen)

Alter	Versuchspersonen pro Jahrzehnt = n	Flexion Summe der Einzelmessungen = s	Flexion s/n	Extension Summe der Einzelmessungen = s	Extension s/n
0-10	7	405	57.86'	625	89.28'
11-20	20	1250	62.5'	1635	81.75'
21-30	31	1530	49.35'	1895	61.13'
31-40	37	1760	47.56'	1880	50.81'
41-50	39	1700	43.59'	2010	51.54'
51-60	55	2435	44.27'	2560	46.54'
61-70	25	1150	46.0'	1040	41.6'
71-80	16	740	46.25'	655	40.94'
81-90	2	75	37.5'	90	45.0'
	232	11045	47.6'	12390	53.4'

Der Mittelwert der gesamten Untersuchungsreihe beträgt
für die Flexion 47.6'
für die Extension 53.4'

Nach den Einzelergebnissen von Tabelle 5 wird die altersmäßige Aufteilung der Mittelwerte für Flexion und Estension graphisch aufgezeichnet.

Ordinate = Bewegungsausmaß
Abszisse = Alter der Versuchspersonen
\+ = Flexion
• = Extension

b.) Laterale Bewegung:

Tabelle 6 (Männer)

Alter	Versuchspersonen pro Jahrzehnt = n	rechte Seite Summe der Einzelmessungen = s	rechte Seite s/n	linke Seite Summe der Einzelmessungen = s	linke Seite s/n
0-10	7	395	56.4'	390	55.7'
11-20	17	985	57.94'	1035	60.88'
21-30	23	1075	46.74'	1090	47.39'
31-40	30	1420	47.33'	1355	45.17'
41-50	24	1000	41.66'	1095	45.6'
51-60	37	1445	39.05'	1435	38.78'
61-70	12	435	36.25'	415	34.58'
71-80	9	300	33.3'	300	33.3'
81-90	-	-	-	-	-
	159	7055	44.37	7115	44.74'

Bei Männern beträgt der Mittelwert für die laterale Bewegung

nach rechts 44.37'

nach links 44.74'

Tabelle 7 (Frauen)

Alter	Versuchspersonen pro Jahrzehnt = n	rechte Seite Summe der Einzelmessungen = s	rechte Seite s/n	linke Seite Summe der Einzelmessungen = s	linke Seite s/n
0-10	-	-	-	-	-
11-20	3	160	53.33'	145	48.33'
21-30	8	380	47.5'	375	46.87'
31-40	7	305	43.57'	310	44.28'
41-50	15	590	39.33'	605	40.33'
51-60	18	770	42.77'	705	39.16'
61-70	13	480	36.92'	510	39.23'
71-80	7	230	32.85'	245	35.0'
81-90	2	65	32.5'	75	37.5'
	73	2980	40.82'	2970	40.68'

Bei Frauen beträgt der Mittelwert für die laterale Bewegung

nach rechts 40.82'

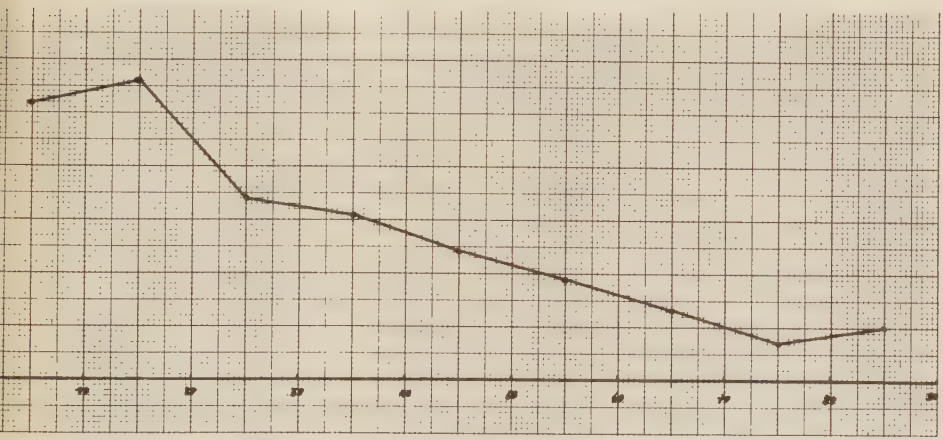
nach links 40.68'

Tabelle 8 (Männer und Frauen)

Alter	Versuchspersonen pro Jahrzehnt = n	rechte Seite Summe der Einzelmessungen = s	s/n	linke Seite Summe der Einzelmessungen = s	s/n
0-10	7	395	56.4'	390	55.7'
11-20	20	1145	57.25'	1180	59.0'
21-30	31	1455	46.93'	1465	47.26'
31-40	37	1725	46.6'	1665	45.0'
41-50	39	1590	40.77'	1700	43.59'
51-60	55	2215	40.27'	2140	38.9'
61-70	25	915	36.6'	925	37.0'
71-80	16	530	33.12'	545	34.06'
81-90	2	65	32.5'	75	37.5'
	232	10035	43 .25'	10085	43.47'

Der Mittelwert der gesamten Untersuchungsreihe beträgt für die laterale Bewegung nach rechts 43.25'
nach links 43.47'

Die von den verschiedenen Altersgruppen errechneten Einzelwerte der Tabelle 8 werden so umgerechnet, daß die Bewegungsausmaße seitengleich sind und graphisch dargestellt.



Ordinate = Bewegungsausmaß nach jeder Seite
Abszisse = Alter der Versuchspersonen

Die laterale Bewegung hat einen Mittelwert von 86.72' insgesamt
bzw.43.36' nach jed. Seite

c.) Rotations-Bewegung:

Tabelle 9 (Männer)

Alter	Versuchspersonen pro Jahrzehnt = n	rechte Seite Summe der Einzelmessungen = s	s/n	linke Seite Summe der Einzelmessungen = s	s/n
0-10	7	520	74.28'	545	77.86'
11-20	17	1300	76.47'	1330	78.23'
21-30	23	1760	76.52'	1795	78.04'
31-40	30	2200	73.33'	2225	74.16'
41-50	24	1725	71.87'	1760	73.33'
51-60	37	2510	67.84'	2530	68.37'
61-70	12	740	61.66'	775	64.58'
71-80	9	500	55.55'	535	59.44'
81-90	-	-	-	-	-
	159	11255	70.78'	11495	72.29'

Bei Männern beträgt der Mittelwert für die Rotations-Bewegung

nach rechts 70.78'

nach links 72.29'

Tabelle 10 (Frauen)

Alter	Versuchspersonen pro Jahrzehnt = n	rechte Seite Summe der Einzelmessungen = s	s/n	linke Seite Summe der Einzelmessungen = s	s/n
0-10	-	-	-	-	-
11-20	3	230	76.66'	250	83.33'
21-30	8	690	86.25'	660	82.5'
31-40	7	545	77.86'	535	76.43'
41-50	15	995	66.33'	1040	69.33'
51-60	18	1290	71.66'	1280	71.11'
61-70	13	890	68.46'	915	70.38'
71-80	7	405	57.86'	445	63.57'
81-90	2	110	55.0'	130	65.0'
	73	5155	70.62'	5255	71.98'

Bei Frauen beträgt der Mittelwert für die Rotations-Bewegung

nach rechts 70.62'

nach links 71.98'

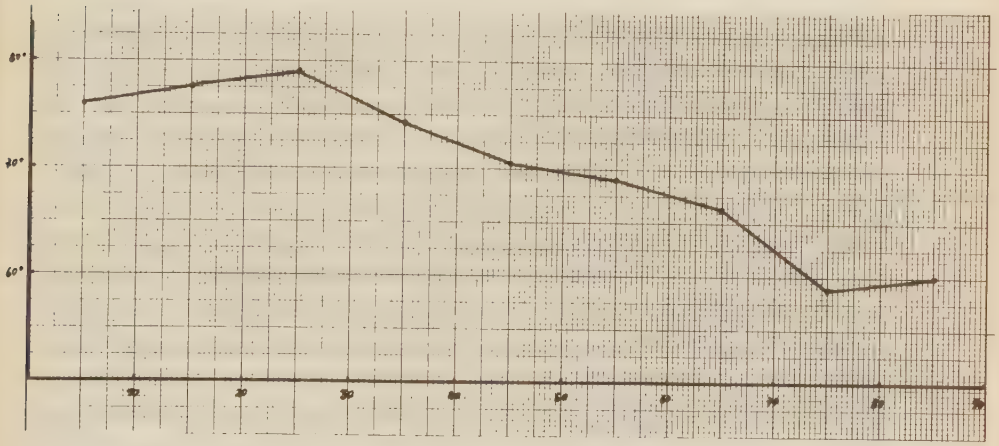
Tabelle 11 (Männer und Frauen)

Alter	Versuchspersonen pro Jahrzehnt = n	rechte Seite Summe der Einzelmessungen = s	rechte Seite s/n	linke Seite Summe der Einzelmessungen = s	linke Seite s/n
0-10	7	520	74.28'	545	77.86'
11-20	20	1530	76.5'	1580	79.0'
21-30	31	2450	79.03'	2455	79.19'
31-40	37	2745	74.19'	2760	74.59'
41-50	39	2720	69.74'	2800	71.79'
51-60	55	3800	69.09'	3810	69.27'
61-70	25	1630	65.2'	1690	67.6'
71-80	16	905	56.56'	980	61.25'
81-90	2	110	55.0'	130	65.0'
	232	16410	70.73'	16750	72.19'

Der Mittelwert der gesamten Untersuchungsreihe beträgt für die Rotations-Bewegung nach rechts 70.73'

nach links 72.19'

Die von den verschiedenen Altersgruppen errechneten Einzelwerte der Tabelle 11 werden so umgerechnet, daß die Bewegungsausmaße seitengleich sind und graphisch dargestellt.



Ordinate = Bewegungsausmaß nach jeder Seite

Abszisse = Alter der Versuchspersonen

Der errechnete Mittelwert für die Rotationsbewegung beträgt
143' insgesamt, bzw.
71.5' nach jeder Seite

D. Diskussion

Ein Vergleich der hier errechneten Mittelwerte für das Ausmaß der drei Hauptbewegungen der Halswirbelsäule mit denen der angeführten Autoren ist nur insoweit möglich, als diese ihre Ergebnisse auch an lebenden Personen gewonnen haben. Nach BAKKE können Messungen an der Leiche nicht mit denjenigen des lebenden Individuums verglichen werden. Tatsächlich sind auch die Unterschiede der Meßergebnisse erheblich. Selbst die unter gleichen Bedingungen erfolgten Untersuchungen sind unterschiedlich. Nach der Meinung von HUSSER hat das seine Ursache, neben den verschiedenen Meßmethoden, vor allem in der individuell sehr unterschiedlichen Beweglichkeit der gesunden menschlichen Wirbelsäule.

Die hier errechneten Mittelwerte für ventrale und dorsale Flexion werden bei keinem Autor in gleicher Weise angegeben. Allerdings fanden auch alle Autoren unterschiedliche Ergebnisse für diese Bewegungen. Die Ursache dafür ist in der Art des Messens zu sehen. Da die untersuchten Personen nur aufgefordert wurden, eine "bequeme" Haltung einzunehmen, war die Kopfhaltung und damit der Ausgangspunkt für die Messungen nicht einheitlich. Bei einer mehr lordosierten Halswirbelsäule mißt man natürlich andere Winkelmaße für die Einzelbewegungen in sagittaler Richtung als bei einer mehr gestreckten. Der Mittelwert von 101' für die gesamte sagittale Bewegung weicht nur um einige Winkelgrade von den Ergebnissen der meisten Autoren ab. BUETTI-BÄUML (100') und DITTMAR (106') haben allerdings das obere und untere Kopfgelenk nicht in ihre Messung einbezogen und auch BAKKE (102.4') hat bei seinen Untersuchungen das obere Kopfgelenk nicht berücksichtigt. Allein VIRCHOW hat an einer Person die sagittale Bewegung für die gesamte Halswirbelsäule zwischen Occiput und Th1 gemessen und dafür 96' angegeben. Lediglich die 72' von ALBERS, als Gesamtflexion zwischen C2 und C7 gemessen, lassen sich in diese Vergleichsergebnisse nicht einreihen.

FICK (180'), WEBER (152.75'), NOVOGRODSKY (80') und VIRCHOW (135.25' bzw. 99.5') gewannen diese Ergebnisse an Wirbelsäulen von Leichen.

Für die laterale Bewegung gibt außer FICK, der an der Leiche 30' gemessen hat, nur BAKKE ein Ergebnis an. Sein Wert von 25.9' liegt weit unter dem hier errechneten von 43'.

Die Rotationsmöglichkeit von 71.5' nach jeder Seite stimmt ungefähr mit dem Ergebnis von WEBER überein, der für die Gesamtrotation 132.5' errechnete. DITTMAR schätzte sie auf 140.' EXNER gibt die Gesamtrotation des Halses mit 80-85' an, LIECHTI die des Atlas mit etwa 60'. Zusammengerechnet würde das ebenfalls um 140' ergeben. An der Leiche hat FICK den Kreiselungsumfang von Halswirbelsäule und Kopf mit 75' nach jeder Seite gemessen, KNESE die maximale Gesamtdrehung des Atlas mit 82.4'.

IV. Zusammenfassung

Mir war die Aufgabe gestellt, mit Hilfe eines Lot-Kompaß-Arthrometers die Beweglichkeit der Halswirbelsäule zu messen und die Meßergebnisse an Hand der Literatur zu besprechen. Die Ergebnisse sollten außerdem nach Männern und Frauen getrennt und in Altersgruppen aufgeteilt werden.

Die in der Literatur angegebenen früheren Messungen wurden aufgeführt und ihre Ergebnisse zusammengestellt. Diese Methoden zur Messung der Beweglichkeit der Halswirbelsäule sind kompliziert und meistens auf die Bewegungen in sagittaler Richtung spezialisiert. Es wurde ein einfaches Gerät beschrieben, das im wesentlichen aus einem Winkelmaß mit Lot besteht und geeignet ist, das Bewegungsausmaß der Halswirbelsäule in der sagittalen und frontalen Richtung zu bestimmen. Zur Messung der Rotationsbewegungen wurde ein Kompaß verwendet. Die Durchführung der Messungen wurde durch Bilder veranschaulicht.

Bei einer Versuchsgruppe von 159 Männern und 73 Frauen im Alter von 6-82 Jahren ohne klinische Veränderungen wurden die drei Hauptbewegungen der Halswirbelsäule gemessen. Die Ergebnisse für die einzelnen Bewegungsrichtungen wurden in Tabellen zusammengestellt. Nach Geschlechtern getrennt und in Alters-

gruppen zu je einem Jahrzehnt aufgeteilt wurden die Mittelwerte errechnet. Von geringen Abweichungen abgesehen, zeigten die Endergebnisse bei Männern und Frauen keinen Unterschied. In graphischen Aufzeichnungen wurde die Verminderung der Beweglichkeit mit zunehmendem Lebensalter deutlich gemacht.

Folgende Mittelwerte wurden durch die gesamte Untersuchungsreihe ermittelt:

Flexion	47.6'
Extension	53.4'
Seitwärtsbeugung	43.3' nach jeder Seite
Rotation	71.5' nach jeder Seite

In der Diskussion wurde dargelegt, daß die hier errechneten Mittelwerte für die Einzelbewegungen in sagittaler Richtung und die aller Autoren unterschiedlich groß sind. Als Ursache dafür wurde angegeben, daß durch die individuelle "normale" Kopfhaltung der untersuchten Personen der Ausgangspunkt für die Einzelmessungen nicht einheitlich war. Für die Gesamtflexion jedenfalls stimmt der Mittelwert mit den Ergebnissen der meisten Autoren überein. Übereinstimmend sind auch die Ergebnisse für die Rotation. Für die Seitwärtsbeugung fand sich in der Literatur praktisch nur ein Vergleichswert, der erheblich kleiner ist als der hier errechnete.

V. Literaturverzeichnis

ALBERS,D. Fortschr.a.d.Geb.d.Röntgenstr. 81,606 (1954)

BAKKE,S.N. Acta radiol.Stockholm Suppl.13 (1931)

BLUMENTHAL,M. Verh.d.dtsch.orthop.Ges.f.orthop.Chir. 11,107 (1912)

BUETTI-BÄUML,C. Funktionelle Röntgendiagnostik der Halswirbelsäule G.Thieme Stuttgart 1954

DITTMAR,O. Zschr.f.orthop.Chir. 55,321 (1931)
Zschr.f.orthop.Chir. 55,509 (1931)

ECKLIN,U. Die Altersveränderungen der Halswirbelsäule Springer Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960

ENGELHARD,W. Zschr.f.orthop.Chir. 27,1 (1910)

EXNER,G. Die Halswirbelsäule G.Thieme Stuttgart 1954

FICK,R. Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke Fischer Jena 1904-11

FÜRMAIER,A. Handbuch der Orthopädie 1,842 G.Thieme Stuttgart 1957

GÜNTZ,E. Handbuch der Orthopädie 2,1 G.Thieme Stuttgart 1958

HEUER,F. Zschr.f.orthop.Chir. 52,374 (1929)

HUSSER,F. Arch.f.Orth.u.Unfall Chir. 44,473 (1951)

KNESE,K.H. Zschr.f.Anat.u.Entw.Gesch. 114,67 (1949/50)

LIECHTI,A. Die Röntgendiagnostik der Wirbelsäule und ihre Grundlagen. Springer Wien 1944

LOVETT,R.W. Verh.d.dtsch.Ges.f.orthop.Chir. 4,1 (1905)

LUSCHKA zit.bei SCHMORL und JUNGHANNS

NOVOGRODSKY,M. Diss. Bern 1911

OTTO,W. Fortschr.a.d.Geb.d.Röntgenstr. 83,834 (1955)

ROSTOCK,P. Med.Klinik 34,1465 (1938)

SCHMORL,G. und JUNGHANNS,H. Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik G.Thieme Stuttgart 1953

VIRCHOW,H. Arch.f.Orthop.u.Unfall Chir. 26,1 (1928)

WEBER zit.bei BAKKE und FICK

L e b e n s l a u f

Am 26. Mai 1935 wurde ich als Sohn des Dekans Rudolf M e b s und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Teicher, in Würzburg geboren. Nach der Volksschulzeit in Castell/Ufr. besuchte ich das Humanistische Gymnasium in Neustadt/Aisch und absolvierte dort im Sommer 1954. Anschließend arbeitete ich als Werkstudent bei der Evangelischen Bildkammer in Nürnberg. Im Sommersemester 1955 begann ich das Studium der Medizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen. Nach dem Physikum im Sommer 1957 studierte ich ein Semester in München, die übrigen klinischen Semester ebenfalls in Erlangen. Dort legte ich auch im März 1961 das medizinische Staatsexamen ab. Seither arbeitete ich als Medizinalassistent im Pathologischen Institut und in der Chirurgischen Klinik der Universität Erlangen-Nürnberg sowie im Städtischen Krankenhaus in Forchheim.

GEDRUCKT BEI LUDWIG MÜLLER ERLANGEN